

# INOVAÇÕES DE APOIO A DECISÃO NA TELEMEDICINA COM CURVAS ROC LIDAS PELA LÓGICA PARACONSISTENTE ANOTADA 2v (PARABAYES)

Santos – SP – Maio 2011

Paulo Roberto Schroeder de Souza

Faculdade de Tecnologia Rubens Lara (BS) – CEETEPS

f.rlara.dir@centropaulasouza.sp.gov.br

## 2.3.3. - Natureza do Trabalho

B - Descrição de Projeto em Andamento

2.3.4. - Classe

1 - Investigação Científica (TC)

## **RESUMO**

*Este trabalho foi elaborado através de um estudo analógico, entre os métodos quantitativos e qualitativos utilizados em medicina onde aplicamos o reticulado representativo da Lógica Paraconsistente com anotações de dois valores (LPA2v). Este novo conceito de apoio a decisão médica foi um dos trabalhos desenvolvido durante as pesquisas de tese o qual esclareceremos melhor nesse artigo. A proposta oferecida está na criação de uma nova teoria aplicadas nas curvas ROC<sup>1</sup> no reticulado LPA2v. O que surpreendemos nesta técnica é a coincidência da equivalência da lógica paraconsistente com os nomes textuais da Saúde como falso-positivo, falso-negativo, doentes e não doentes entre outras classificações apresentadas. Obteremos um visão geral da análise do resultado da doença possibilitando um grau de evidência favorável ou desfavorável no estudo presente. ( Em Experiência Final)*

**Palavras-chave:** telemedicina; Lógica Paraconsistente; LPA2v; ROC; falso-positivo; falso-negativo.

## **1 - Introdução**

Vamos começar nesse artigo ousadamente definido a palavra **telemedicina** como sendo “**assistência médica à distância**”.

---

De acordo com a ATA (*American Telemedicine Association*), a Telemedicina é: *"O uso de informação médica veiculada de um local para outro, por meio de comunicação eletrônica, visando à saúde e educação dos pacientes e do profissional médico, para assim melhorar a assistência de saúde"*.

A OMS, Organização Mundial de Saúde afirma: *"A oferta de serviços ligados aos cuidados de saúde, nos casos em que a distância é um fator crítico ..."*

ATA, *American Telemedicine Association* acrescenta: *"Além da oferta de serviços ligados aos cuidados de saúde, inclui também a educação remota para o médico e paciente."*

Vamos adotar como definição de Telemedicina que: *"O conjunto de serviços clínicos e educacionais que são prestados remotamente e que visam a melhoria e eficiência da prestação de cuidados de saúde."*

Seguindo esse raciocínio, esse trabalho é um aperfeiçoamento de Apoio a Decisão Médica em área específica conforme segue veremos a seguir [11].

Conforme sabemos, as afirmações de exames clínicos, por exemplo, podem ser verdadeiros em uma situação e falsas em outra. Por isso, considerando que toda verdade é incerta, podem-se estabelecer conexões certas entre incertezas. Todo processo lógico racional seria precisamente concebido como um passar com certeza de uma incerteza a outra. Ao abandonar as "verdades lógicas certas" que, quando trazidas à realidade científica, não correspondem aos fatos, trazemos a idéia de que a verdade é algo cumulativo, portanto, a sua verdade e sua falsidade podem ser marcadas mediante Graus de Evidencia Favorável e de Evidência Desfavorável, definidos por Sensibilidade e Especificidade respectivamente [1].

Cada vez que tentamos diagnosticar mais precocemente uma doença que não tem padrão-ouro de diagnóstico, o ônus que temos seria um maior número de pessoas com diagnóstico errado carregando o estigma da doença (os falso-positivos) e arcando com um tratamento caro e desnecessário. Quando falamos que uma abordagem diagnóstica tem 90% de especificidade, significa que 10% dos pacientes teriam um diagnóstico positivo errado. Esta situação tem valor ainda maior quando trabalhamos com segmentos populacionais em que a prevalência da doença é baixa e, assim, o valor preditivo positivo do teste menor (probabilidade de um teste positivo o ser de

fato). O valor preditivo, como foi dito, não depende apenas do teste, mas sim da prevalência da doença em questão. Quanto mais sensível for um teste, melhor será o seu valor preditivo negativo e quanto mais específico for o teste, maior será a segurança que o oftalmologista terá para confirmar um resultado positivo. Mas, voltemos ao problema da prevalência (e lembremos que estamos tratando de uma doença em que a mesma aumenta com a idade): resultados positivos mesmo de um teste muito específico, quando se referem a pacientes com baixa probabilidade de doença, serão em grande parte falso-positivos. Por isso, exames de rastreamento devem ser aplicados a populações de risco[2].

O objetivo deste trabalho é implementar aplicações da Lógica ao campo das Ciências Médicas e para isso buscamos vincular certo valor estrutural de: “Verdadeiro”, “quase-verdadeiro”, “Falso”, “quase-Falso”, “Inconsistente”, “quase-Inconsistente”, “Indefinido” e “quase-Indefinido”, através de Graus de Certeza e de Incerteza. Com este objetivo, procura-se definir princípios lógicos não em termos abstratos, mas, na forma de termos procedimentais aplicáveis ao diagnóstico médico.

O conhecimento incerto é aquele que é discutível e ao qual normalmente associamos uma medida de incerteza que descreva de algum modo crenças para as quais existem certas evidências de apoio. A Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores (LPA2v) é uma classe de Lógica Paraconsistente que trabalha com evidências e que admite contradição de um modo não-trivial. As anotações são representativas de *graus de crença* e de *descrença* atribuídos à proposição, dando-lhe conotações de valoração que iremos estabelecer ao longo do trabalho[3].

## **2 - Metodologia**

A metodologia desta pesquisa consiste em elaborar métodos de “interpretação” de Bayes na LPA2v para diagnóstico médico, considerando a sua estrutura teórica apresentada em trabalhos relevantes de pesquisas anteriores desse artigo [11]. A partir destas “interpretações” são desenvolvidos modos de aplicações que farão tratamento do conhecimento incerto, traduzindo esses conceitos teóricos em práticos e deixando novas referências para outros ramos de aplicação. No mundo real, as inconsistências são importantes e não

podem ser desprezadas porque são as informações contraditórias que trazem fatos relevantes modificando, às vezes, o resultado da análise completamente. A existência da inconsistência é que induz o Sistema que está sob análise a promover buscas, procurando novas e esclarecedoras informações, com consultas a outros informantes, para obter uma conclusão mais confiável [2]. Neste momento, iremos descrever a analogia de curvas ROC, valores calculados por Bayes, podem ser aplicados nas sub-áreas do reticulado da Paraconsistência, procurando descrever os modelos existentes.

Na Tabela 1 temos as células que definem os valores que são usados para cálculos de sensibilidade, especificidade, valores preditivos e outros como definição.

Paciente\ Exame	Doente (d)	Não doente (d')	Total
<b>positivo</b>	Verdadeiramente Doente (A)	Falso Positivo (B)	Total Positivo A+B
<b>negativo</b>	Falso negativo (C)	Verdadeiramente não doente (D)	Total Negativo A+C
	Total doente A+C	Total não doente B+D	Total da População A+B+C+D

Tabela 1 - Mostrando a Matriz de Confusão,  
Doença vs Evidência

Com os valores considerados por um período de evidências e aplicados no modelo da tabela 1 podemos obter através de cálculos pela teoria de Bayes, vários valores de sensibilidade e especificidade e assim aplicar o gráfico da Figura 1 que é a curva de ROC [5].

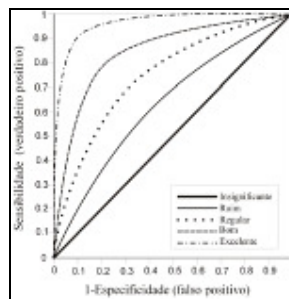


Figura 1 – Curva ROC com níveis de  
qualidade de diagnóstico [7]

No gráfico da figura 1, as curvas definem a qualidade do teste. Para cada curva temos vários pontos a serem analisados.

Para a **Sensibilidade**, consideramos a probabilidade do exame ser positivo, teste positivo, dado que o indivíduo é Verdadeiramente Doente = presente.

Mede o quanto o exame acerta entre os doentes.

$$\text{Sensibilidade } \uparrow = \text{falso} - \text{negativo } \downarrow$$

Na **Especificidade**, consideramos a probabilidade de o exame ser negativo, teste negativo, dado que o indivíduo é Verdadeiramente Não-doente = ausente.

$$\text{Especificidade} = p(\text{teste negativo} \mid \text{ausente}) = d / (b + d)$$

Mede o quanto o exame acerta entre os não-doentes.

$$\text{Especificidade } \uparrow = \text{falso} - \text{positivo } \downarrow$$

Portanto temos como falso-positivo = 1 - especificidade [6]

$$\text{Sensibilidade} = p(\text{teste positivo} \mid \text{presente}) = a / (a + c)$$

Do lado da Teoria da Lógica Paraconsistência (LPA), podemos dizer quando observamos QUPC (Quadrado Unitário do Plano Cartesiano) (Figura 2) e temos uma das formas de representar a LPA.

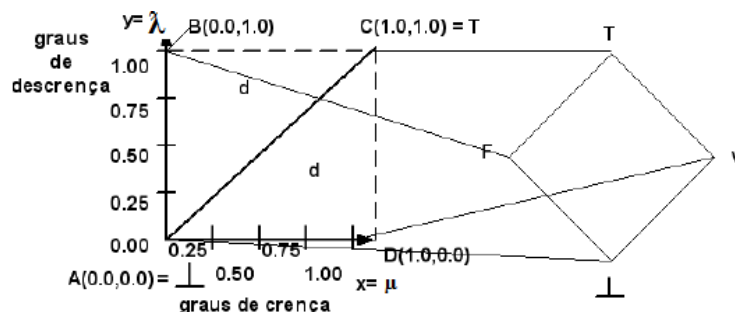


Figura 2 - Quadrado Unitário do Plano Cartesiano da LPA – QUPC [10]

A LPA pode ser estudada em um Quadrado Unitário no Plano Cartesiano (figura 2) no qual são inseridos os graus de Evidência Favorável (Crença)  $\mu$  e Graus de Evidência Desfavorável (Descrença)  $\lambda$ , no qual definimos dois especialistas, sendo que através desses valores são calculados

os graus de Certeza (Gc) e de Contradição (Gct) (figura 3). Observamos as equações abaixo:

**Sendo:**

**Especialista 1:**

$\mu$  = Grau de Evidência Favorável

**Especialista 2:**

Grau de Evidência Desfavorável =  $\mu_1 - \mu_2 = \lambda$

onde:  $\mu \in [0,1]$

$P\mu$  = Proposição Anotada

$\lambda = 1 - \mu$   $\lambda \in [0,1]$

A partir do Quadrado Unitário podemos calcular os valores dos Graus de Contradição (Gct) e dos Graus de Certeza (Gc) conforme as equações abaixo.

$Gc = \mu - \lambda$  e  $Gct = (\mu + \lambda) - 1$

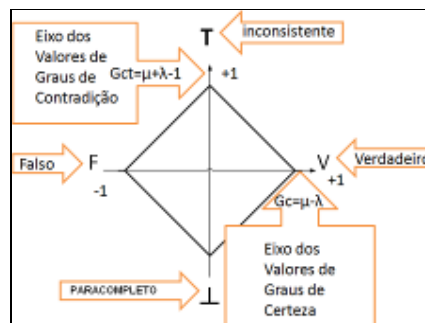


Figura 3 - Eixos dos Graus de Contradição e de Certeza (diagrama de Hasse). [2]

Partindo do diagrama, podemos alocar 12 subáreas nessa subdivisão que serão chamados de resolução de soluções da LPA conforme figura 4.

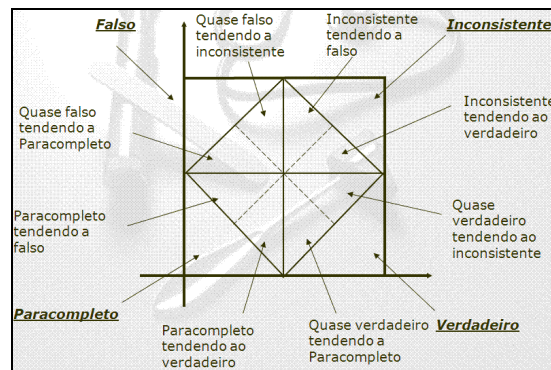


Figura 4 - Definição dos 12 estados com suas respectivas nomenclaturas [5]

### 3 - Aplicação

Nesta pesquisa apresentada em [5], verificou-se que poderia ser feita uma analogia da LPA com o princípio de Bayes, sendo assim foi elaborado uma tabela comparativa conforme na Tabela 2. Chamaremos essa nova conversão de ParaBayes.

Pela figura 4 mostrado anteriormente, colocamos essa analogia nas figuras 5 e 6.

FALSO	1	NAO DOENTE = ESPECIFICIDADE = VALOR PREDITIVO NEGATIVO	
QUASE FALSO TENDENDO A PARACOMPLETO	2	QUASE NAO DOENTE TENDENDO A FALSO NEGATIVO	
PARACOMPLETO TENDENDO A FALSO PARACOMPLETO	3	FALSO NEGATIVO TENDENDO A NAO DOENTE	
PARACOMPLETO TENDENDO AO VERDADEIRO	4	FALSO NEGATIVO = 1 - SENSIBILIDADE	
QUASE VERDADEIRO TENDENDO A PARACOMPLETO VERDADEIRO	5	FALSO NEGATIVO TENDENDO AO DOENTE	
QUASE VERDADEIRO TENDENDO A INCONSISTENTE	6	QUASE DOENTE TENDENDO A FALSO NEGATIVO	
INCONSISTENTE TENDENDO AO VERDADEIRO INCONSISTENTE	7	DOENTE - SENSIBILIDADE = VALOR PREDITIVO POSITIVO	
INCONSISTENTE TENDENDO A FALSO QUASE FALSO TENDENDO A INCONSISTENTE	8	QUASE DOENTE TENDENDO AO FALSO POSITIVO	
INCONSISTENTE TENDENDO A FALSO QUASE FALSO TENDENDO A INCONSISTENTE	9	FALSO POSITIVO TENDENDO DOENTE	
INCONSISTENTE TENDENDO A FALSO QUASE FALSO TENDENDO A INCONSISTENTE	10	FALSO POSITIVO = 1 - ESPECIFICIDADE	
INCONSISTENTE TENDENDO A FALSO QUASE FALSO TENDENDO A INCONSISTENTE	11	FALSO POSITIVO TENDENDO A NAO DOENTE	
INCONSISTENTE TENDENDO A FALSO QUASE FALSO TENDENDO A INCONSISTENTE	12	QUASE NAO DOENTE TENDENDO A FALSO POSITIVO	

Tabela 2 – Interpretação da Adaptação e Transição de ParaBayes

Figura 5 – QUPC da LPA Aplicando ParaBayes[5]

O grau de certeza é fornecido pela sensibilidade e o grau de contradição tem-se 1-especificidade.

Figura 6 – A inversão dos eixos x-y da curva ROC[5]	Figura 7 – curva ROC na LPA

Agora invertemos a representação da curva ROC e substituímos sua nomenclatura pela área da saúde conforme Figura 6 e 7.

#### 4 - Resultados

Vamos classificar parâmetros da Curva ROC que os servirá como referência de análise conforme Tabela a seguir.

Área (AUC)	Qualidade do diagnóstico
0.9 a 1.0	Excelente
0.8 a 0.9	Bom
0.7 a 0.8	Regular
0.6 a 0.7	Ruim
0.5 a 0.6	Insignificante

Tabela 3: Qualidade do diagnóstico em relação a área da curva ROC [7]

Percebemos também pela tabela que o valor  $\frac{1}{2}$  é insignificante, praticamente zero, ou seja, o valor da diagonal no quadrado é irrelevante.

Na Figura 8 abaixo podemos ver dois resultados de testes diagnóstico e perguntamos qual seria o mais apropriado.

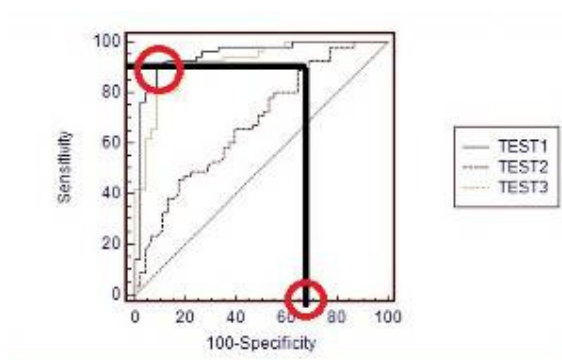


Figura 8 - Exemplo de curva ROC comparando dois testes diagnósticos. Atentar que o teste A tem uma área por sobre a curva muito maior que o teste B[1].

Nesta (Figura 8), poderemos considerando dois especialistas, teste A e teste B, valores que serão definidos como Grau de Evidência Favorável (Sensibilidade) e Grau de Evidência Desfavorável (Falso-positivo = (1-especificidade)), Grau de Certeza na Sensibilidade e Grau de Contradição no Falso –positivo, aplicados na Figura 9.



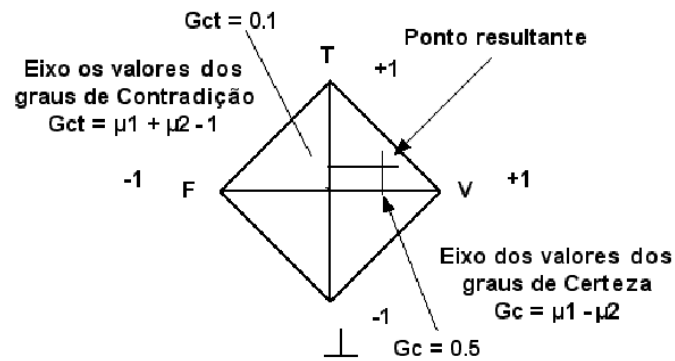


Figura 9 - Demonstrando 2 valores quaisquer de Gc e Gct.

Neste instante teremos para dois especialistas, um único valor como resposta adequada para o apoio a decisão.

### 5 - Discussão e Conclusões

As técnicas de aplicação do ParaBayes encontradas anteriormente poderão ser utilizadas futuramente para apoio a decisão na telemedicina. Poderão ser usadas as inversões dos eixos que determinarão as áreas AUC na curva ROC. Tomando-se a área AAC (Área Acima (*above*) da Curva) e a AUC (Área Abaixo (*under*) da Curva) e invertendo-as, as considerações feitas através das áreas pré-definidas aplicadas no reticulado da LPA2v poderão ser aplicadas como análise dos resultados. Pode-se, assim, fazer um controle de diagnóstico, dadas as transformações especificadas das 12 áreas pré-definidas como exemplificadas anteriormente.

Partindo desse princípio, temos a idéia do ParaBayes como uma ferramenta a ser desenvolvida futuramente, para ser aplicada em Modelagens dos Sinais (dados) para a área da saúde.

Este trabalho é uma contribuição para o avanço de pesquisas médicas e ser disponibilizado na Rede Mundial de Computadores (Internet), portanto, esperamos que as indicações para aplicações e as conclusões aqui apresentadas e previstas possam servir de base para novos e promissores estudos na área da saúde.

Neste estágio da pesquisa passamos a nos aproximar de valores inexatos para resultados de podemos denominar de quase-verdade, instante que se define próximo a verdade [8,9].

## Referências

- [1] DA SILVA FILHO, J. I. *Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores LPA2v com construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos*. 1999. Tese de Doutorado. EPUSP, São Paulo, 1999.
- [2] ALWARD, WL. *apud* PARANHOS JR, A. (2011) Frequency doubling technology perimetry for the detection of glaucomatous visual field loss. *Am J Ophthalmol* 2000; 129(3):376-8.
- [3] DA SILVA FILHO, J.I. *et al.* ; ABE, J.M.; TORRES, G. L. “*Inteligência Artificial com Redes de Análises Paraconsistentes. Teorias e Aplicações*”. Ed.LTC. R.J., 2008.
- [4] MASSAD, E.; DE MENEZES, R. X.; SILVEIRA, P. S. P.; ORTEGA, N. R. S. “*Métodos Quantitativos em Medicina*”, Editora Manole Ltda. - 1.<sup>a</sup> Edição, 2004.
- [5] SOUZA, P.R.S. *Métodos De Apoio A Decisão Médica Para Análise Em Diabetes Mellitus Gestacional Utilizando A Probabilidade Pragmática Na Lógica Paraconsistente Anotada De Dois Valores Para Melhor Precisão De Resposta*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, abril. 2009.
- [6] MASSAD & SILVEIRA. Disciplina de “*Métodos Quantitativos em Medicina*”, mpt-164 / edição 2003. Teorema de Bayes em Medicina. Massad E, Silveira PSP, eds. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://dim.fm.usp.br/bayes/index.php>>. Acesso em: 07.Set.2007.
- [7] CORREIA SILVA, A. *Algoritmos para Diagnóstico Assistido de Nódulos Pulmonares Solitários em Imagens de Tomografia Computadorizada*. 2004. Tese de Doutorado. PUC, Departamento de Informática, Rio de Janeiro, 2004.
- [8] DA COSTA, N. C. A. “*Lógica Indutiva e Probabilidade*”. Editora HUCITEC. 3.<sup>a</sup> edição. São Paulo, 2008.
- [9] HIFUME, C. “*Uma Teoria da Verdade Pragmática: A Quase-Verdade de Newton C. A. Da Costa*”. Dissertação de Mestrado. Departamento de Filosofia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, 2003.
- [10] DA SILVA FILHO, J. I. & ABE, J. M. “*Introdução à Lógica Paraconsistente Anotada*” - Editora Emmy – 1.<sup>a</sup> Edição, 2000.
- [11] SOUZA, P.R.S. .Revista Brasileira de Física Médica. ISSN:1984-9001 versão online. ISSN:2176-8978 versão impressa.Vol.5.Pg.24.<<http://www.abfm.org.br/rbfm/>>, abril, 2011.